



**UNIVERSITAS DIPONEGORO**

**PENGARUH CAMPURAN ABU VULKANIK DENGAN TANAH LIAT  
PADA *CRACKING* DAN KUAT TEKAN DINGIN  
SEBAGAI BAHAN REFRAKTORI**

**TUGAS SARJANA**

**Diajukan sebagai salah satu tugas dan syarat  
untuk memperoleh gelar Sarjana (S-1)**

**Disusun oleh:**

**FERRY ANGGITA ERDIANTO  
L2E 006 040**

**FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
SEMARANG  
2012**

## TUGAS SARJANA

Diberikan Kepada : Nama : Ferry Anggita Erdianto  
NIM : L2E 006 040

Dosen Pembimbing I : Ir. Sumar Hadi Suryo

Dosen Pembimbing II : Ir. Yurianto, MT

Jangka Waktu : 6 Bulan (enam bulan)

Judul : **Pengaruh Campuran Abu Vulkanik dengan Tanah Liat Pada *Cracking* dan Kuat Tekan Dingin Campuran Sebagai Bahan Refraktori**

Isi Tugas : Menganalisa dan mengetahui komposisi atau kandungan mineral dari abu vulkanik dan tanah liat, membuat campuran untuk refraktori, menganalisa *Cracking* yang terjadi, penyebab terjadinya *cracking*, serta kuat tekan dingin hasil campuran, sehingga hasil analisa dapat dijadikan sebagai referensi dalam alternatif pembuatan refraktori.

Pembimbing I



Ir. Sumar Hadi Suryo  
NIP. 195801021986031002

Semarang, 16 Maret 2012

Pembimbing II



Ir. Yurianto, MT  
NIP. 195507271986031008

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam Tugas Sarjana ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh sebutan keahlian di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah atau karya Tugas Sarjana ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Semarang, 16 Maret 2012

Yang Menyatakan,

  
**Ferry Anggita Erdianto**  
NIM. L2E 006 040



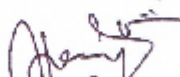
## HALAMAN PENGESAHAN

Naskah Tugas Sarjana ini diajukan oleh:

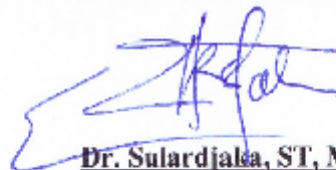
Nama : Ferry Anggita Erdianto  
NIM : L2E 006 040  
Jurusan/ Program Studi : Teknik Mesin  
Judul : Pengaruh Campuran Abu Vulkanik dengan Tanah Liat  
Pada *Cracking* dan Kuat Tekan Dingin Campuran  
Sebagai Bahan Refraktori

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.

### TIM PENGUJI

Pembimbing I : Ir. Sumar Hadi Suryo (  )  
Pembimbing II : Ir. Yurianto, MT (  )  
Penguji : Dr. MSK Tony Suryo Utomo, ST, MT (  )

Semarang, 16 Maret 2012  
Ketua Jurusan Teknik Mesin



**Dr. Sulardjaja, ST, MT**  
NIP. 197104201998021001

## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika Universitas Diponegoro, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ferry Anggita Erdianto  
NIM : L2E 006 040  
Jurusan/Program Studi : Teknik Mesin  
Fakultas : Teknik  
Jenis Karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*None-exclusive Royalty/Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**“Pengaruh Campuran Abu Vulkanik dengan Tanah Liat Pada *Cracking* dan Kuat Tekan Dingin Campuran Sebagai Bahan Refraktori”**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Noneksklusif ini Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Semarang  
Pada Tanggal : 16 Maret 2012

Yang Menyatakan,



**Ferry Anggita Erdianto**

NIM. L2E 006 040



## ***ABSTRACT***

*Volcanic ash from volcanic eruptions and clay contains silica and alumina which have high enough to deserve further investigation as an alternative to the manufacture of Refractory materials. This research was conducted to determine the effect of volcanic ash and alloys to the phenomenon of cracking clay occurring as well as the cold compressive strength of Refractory materials.*

*The process begins preparation materials from the drying process of raw material (volcanic ash and clay) until dry, then ground, polished and through the stages of screening to obtain the size of 150 mesh powder, and then tested each component XRF alloy and Refractory SK34 as a comparison. After that each component (volcanic ash and clay) printing press 60 N/cm<sup>2</sup> Ø2.5x3 then tested with the size of the thermal conductivity. Mixing was done manually and then blend with the composition variation of volcanic ash - clay (%) 10:90, 20:80, 30:70, 40:60, 50:50, and molasses and water as a fastener. Furthermore, before the alloy was burned, a formation process 60 kg/cm<sup>3</sup> 5x5x5cm beam size. Paired burned with a temperature of 900 ° C, 1000 ° C and 1100 ° C, the alloy is stronger and not destroyed then tested SEM and cold compressive strength test.*

*Selection of heat resistance alloys only 50-50% volcanic ash and clay which escaped. The data obtained by XRF test of silica and alumina content of the alloy is high at 50:50 50.72% and 28.16%. SEM photographs of many of the micro-cracking seen in alloys because of mixing that has not been evenly distributed, marked by numerous dense and porous on the alloy. Value of cold crushing strength of 12.07 N/mm<sup>2</sup> alloy cold so viable as an alternative Refractory materials.*

*Key words: volcanic ash, clay, Refractory, cracking, cold crushing strength*

## ABSTRAK

Abu vulkanis dari letusan gunung berapi dan tanah liat memiliki kandungan silika dan alumina cukup tinggi sehingga layak diteliti lebih lanjut sebagai bahan alternatif pembuatan refraktori. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh campuran abu vulkanis dan tanah liat terhadap Cracking yang terjadi serta kuat tekan dingin sebagai bahan refraktori.

Proses persiapan bahan dimulai dari proses penjemuran bahan baku (abu vulkanik dan tanah liat) hingga kering, kemudian ditumbuk, dihaluskan dan melalui tahap *screening* hingga memperoleh ukuran serbuk *mesh* 150, lalu diuji XRF masing-masing komponen campuran serta refraktori SK34 sebagai pembanding. Setelah itu masing-masing komponen (abu vulkanis dan tanah liat) dicetak tekan  $60 \text{ N/m}^2$  dengan ukuran  $\varnothing 2.5 \times 3$  lalu diuji konduktivitas termal. Pencampuran campuran kemudian dilakukan secara manual dengan variasi komposisi abu vulkanik – tanah liat (%) 10:90, 20:80, 30:70, 40:60, 50:50, dan molase serta air sebagai pengikatnya. Selanjutnya sebelum campuran dibakar, dilakukan proses cetak tekan  $60 \text{ kg/cm}^3$  dengan ukuran balok  $5 \times 5 \times 5 \text{ cm}$ . Campuran dibakar dengan suhu  $900^\circ\text{C}$ ,  $1000^\circ\text{C}$ , dan  $1100^\circ\text{C}$ , campuran yang kuat dan tidak hancur kemudian diuji SEM dan uji kuat tekan dingin.

Dari seleksi ketahanan panas hanya campuran 50:50% abu vulkanis dan tanah liat yang lolos. Data yang didapat berdasarkan uji XRF kandungan silika dan alumina campuran 50:50 cukup tinggi yaitu 50,72% dan 28,16%. Dari foto SEM terlihat banyak terdapat microcracking pada campuran karena pencampuran yang belum merata, ditandai dengan banyaknya *dense* dan *porous* pada campuran. Nilai kuat tekan dingin campuran  $12,07 \text{ N/mm}^2$  sehingga layak sebagai bahan alternatif refraktori.

**Kata kunci:** abu vulkanik, tanah liat, refraktori, cracking, kuat tekan dingin

## **PRAKATA**

Alhamdulillah, segala puji dan syukur hanyalah milik Allah SWT yang telah memberikan rahmat serta hidayahNya kepada penulis, sehingga penyusunan Skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Penulis menyadari, tanpa bantuan dari pihak lain Tugas Sarjana ini tidak dapat terselesaikan dengan baik. Dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa hormat dan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dan memberikan dorongan dalam menyelesaikan Tugas Sarjana ini, antara lain:

1. Ir. Sumar Hadi Suryo selaku Dosen Pembimbing I.
2. Ir. Yurianto, MT selaku Dosen Pembimbing II.
3. Rekan-rekan satu tim TA, (Bowo, Abas, Komting), termasuk angkatan 2006 dan Warga Himpunan Teknik Mesin UNDIP.

Dengan penuh kerendahan hati, penyusun menyadari akan kekurangan dan keterbatasan pengetahuan yang penyusun miliki sehingga tentu saja penyusunan Skripsi ini jauh dari sempurna, untuk itu penyusun mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari semua pihak demi kemajuan penulis untuk masa yang akan datang.

Terakhir, dengan selesainya Tugas Sarjana ini berarti selesai pula masa studi penulis di Teknik Mesin UNDIP. Semoga sepenggal episode kehidupan penulis di kampus dapat memberikan manfaat bagi penulis dan juga kepada orang lain dan dapat dijadikan persiapan untuk menjalani penggalan episode kehidupan selanjutnya Amiin.

Semarang, 16 Maret 2012

Penulis



## **MOTTO**

*Jika kita keras pada diri sendiri, maka dunia akan lunak pada kita*

*Jika kita lunak pada diri sendiri, maka dunia akan keras pada kita*  
*(Anonim)*

*Sesungguhnya lebih pahit menyesali apa yang tidak pernah kita lakukan.*  
*(Anonim)*

*...bahwa sesungguhnya mengenal-Mu (Tuhan) dan diri sendiri adalah dasar dari segala ilmu yang benar.*  
*(Douglas Mc Arthur)*

**Kupersembahkan Tugas Akhir ini untuk:**

*Ayah & Ibunda tercinta, Tri Muryanto, S.Pd dan Heru Supadmi, S.Pd*

*Adik tersayang, Devika Herfianingtyas*

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>TUGAS SARJANA .....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN ORISINILITAS .....</b>	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN .....</b>	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN PERSETUJUAN PUBLIKASI</b>	
<b>TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS .....</b>	<b>v</b>
<b><i>ABSTRACT</i> .....</b>	<b>vi</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>vii</b>
<b>PRAKATA .....</b>	<b>viii</b>
<b>MOTTO .....</b>	<b>ix</b>
<b>PERSEMBAHAN .....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xv</b>
<b>ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN .....</b>	<b>xvi</b>

### **BAB I PENDAHULUAN**

1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Tujuan dan Manfaat Penelitian .....	2
1.3. Perumusan Masalah .....	2
1.4. Batasan Masalah .....	2
1.5. Metode Penelitian .....	3
1.6. Sistematika Penulisan .....	4

### **BAB II DASAR TEORI**

2.1. Abu Vulkanik .....	5
2.2. Tanah Liat .....	5

2.3.	Refraktori .....	6
2.4.	Kekuatan Fisis Refraktori .....	9
2.5	Kerusakan Refraktori.....	12
2.6	Cracking pada Refraktori.....	15
2.7	<i>Screening</i> .....	15
2.8	<i>X-Ray Flourescence (XRF)</i> .....	16

### **BAB III METODE PENELITIAN**

3.1	Bahan Penelitian .....	18
3.2	Peralatan Penelitian .....	20
3.3	Alur Kerja Penelitian .....	23
3.4	Parameter Pengujian .....	27
3.5	Metode Pengujian yang Dilakukan .....	27
3.5.1	Uji Komposisi Bahan .....	27
3.5.2	Uji SEM ( <i>Scanning Electron Microscope</i> ) .....	28
3.5.3	Uji Tekan ( <i>Compression Test</i> ) .....	29

### **BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN**

4.1	Hasil Identifikasi Komposisi Bahan .....	30
4.1.1	Komposisi abu vulkanik .....	30
4.1.2	Komposisi tanah liat.....	31
4.1.3	Komposisi Campuran 50% abu vulkanik : 50% tanah liat.....	31
4.1.4	Komposisi <i>Refraktori SK34</i> .....	32
4.2	Seleksi Ketahanan Panas Spesimen .....	37
4.2.1	Seleksi Ketahanan Panas I .....	37
4.2.2	Seleksi Ketahanan Panas II .....	38
4.2.3	Seleksi Ketahanan Panas III.....	38
4.3	Uji SEM ( <i>Scanning Electron Microscope</i> ) .....	39
4.3.1	Hasil dan Analisa SEM Campuran Tanah Liat dan abu Vulkanik ....	39
4.3.2	Hasil dan analisa SEM <i>Refraktori SK34</i> .....	42

4.4	Kekuatan Tekan dingin Spesimen .....	43
4.4.1	Data uji dan nilai kuat tekan spesimen .....	43
4.4.2	Analisa data nilai kuat tekan .....	46

## **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1	Kesimpulan .....	47
5.2	Saran .....	47

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN**

## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Data uji komposisi bahan
- Lampiran 2. Data pengujian tekan specimen
- Lampiran 3. Laporan uji (SEM) *Scanning Electron Microscope*
- Lampiran 4. Testing of Refraktori materials
- Lampiran 5. Dokumentasi proses penelitian

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	(a). <i>Lining</i> refraktori tungku busur/ arc (BEE, 2005) .....	7
	(b). Dinding bagian dalam refraktori dengan blok <i>burner</i> (BEE, 2005) .....	7
Gambar 2.2.	Kerucut <i>pyrometric</i> (Biro Efisiensi Energi, 2004) .....	8
Gambar 2.3.	Retakan pada refraktori .....	13
Gambar 2.4.	Penutupan Refraktori oleh <i>slag</i> .....	14
Gambar 2.5	Skema Proses Terjadinya Retak pada material Refraktori.....	15
Gambar 2.6	Spektrum hubungan energy dengan intensitas .....	17
Gambar 3.1.	Abu Vulkanis bahan pembuatan campuran.....	18
Gambar 3.2.	Tanah Liat bahan pembuatan campuran .....	19
Gambar 3.3	(a). <i>Refraktori SK34</i> Spesimen Uji Tekan Dingin .....	20
	(b). <i>Refraktori SK34</i> Spesimen Uji SEM dan Uji Komposisi .....	20
Gambar 3.4.	<i>Mesh 150</i> .....	20
Gambar 3.5.	Peralatan konvesional .....	21
Gambar 3.6.	Mesin <i>X-Ray Flourescence (XRF) rigaku corporation</i> .....	21
Gambar 3.7.	Alat cetak tekan ( <i>hydraulic press</i> ) .....	21
Gambar 3.8.	Tungku Pemanas (tungku Carbolite) .....	22
Gambar 3.9.	Alat Uji SEM INSPEX S50 FEI.....	22
Gambar 3.11.	Alat uji tekan CCSCCTM tipe HT – 8391 .....	22
Gambar 3.12.	Diagram Alir metode penelitian .....	23
Gambar 3.13.	Diagram alir persiapan bahan .....	24
Gambar 3.14.	Diagram alir proses pembuatan spesimen .....	25
Gambar 3.15.	Diagram alir pengujian spesimen .....	26
Gambar 3.16.	Diagram alir uji komposisi.....	27
Gambar 3.17.	Alat uji SEM INSPEX S50 FEI.....	28
Gambar 3.18.	Diagram alir pengujian SEM .....	28
Gambar 3.19.	Alat uji tekan CCSCCTM tipe HT-8391 .....	29
Gambar 3.20.	Diagram alir pengujian kuat tekan .....	29
Gambar 4.1.	Bentuk specimen komposisi 10% Abu Vulkanik : 90% Tanah Liat ....	37



Gambar 4.2.	Bentuk specimen komposisi 20% Abu Vulkanik : 80% Tanah Liat ....	38
Gambar 4.3.	Bentuk specimen komposisi 30% Abu Vulkanik : 70% Tanah Liat ....	38
Gambar 4.4.	Bentuk specimen komposisi 40% Abu Vulkanik : 60% Tanah Liat ....	39
Gambar 4.5.	Bentuk specimen komposisi 50% Abu Vulkanik : 50% Tanah Liat ....	39
Gambar 4.6.	Foto SEM Campuran 50% Abu Vulkanis : 50% Tanah Liat Perbesaran 500x.....	40
Gambar 4.7.	Foto SEM Campuran 50% Abu Vulkanis : 50% Tanah Liat Perbesaran 1000x.....	41
Gambar 4.8.	Foto SEM Campuran 50% Abu Vulkanis : 50% Tanah Liat Perbesaran 2000x.....	41
Gambar 4.9.	Foto SEM Campuran 50% Abu Vulkanis : 50% Tanah Liat Perbesaran 2000x dan 5000x.....	42
Gambar 4.10.	Foto SEM <i>Refraktori SK34</i> .....	43
Gambar 4.11.	Bentuk specimen kubus (5x5x5) cm.....	44
Gambar 4.12.	Bentuk specimen kubus (5x5x5) cm.....	45
Gambar 4.13.	Bentuk <i>Refraktori SK34</i> sebelum uji tekan .....	45
Gambar 4.14.	Bentuk <i>Refraktori SK34</i> setelah uji tekan .....	45

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Sifat-sifat refraktori (The Carbon Trust, 1993) .....	7
Tabel 2.2.	Komposisi penyusun refraktori .....	9
Tabel 2.3.	Sifat fisik dan mekanik dari berbagai jenis refraktori .....	10
Tabel 2.4.	Standar ukuran <i>sieve</i> .....	16
Tabel 4.1.	Komposisi kimia abu vulkanik .....	30
Tabel 4.2.	Komposisi kimia tanah liat .....	31
Tabel 4.3.	Komposisi kimia campuran 50% abu vulkanik : 50% tanah liat .....	31
Tabel 4.4.	Komposisi kimia <i>Refraktori SK34</i> .....	32
Tabel 4.5.	Sifat senyawa silika .....	33
Tabel 4.6.	Sifat senyawa alumina .....	34
Tabel 4.7.	Sifat senyawa kalsium oksida .....	34
Tabel 4.8.	Sifat senyawa besi oksida .....	35
Tabel 4.9.	Sifat senyawa kalium oksida.....	35
Tabel 4.10.	Sifat senyawa titanium oksida.....	36
Tabel 4.11.	Sifat senyawa mangan dioksida .....	36
Tabel 4.12.	Gaya max.dan nilai kuat tekan tiap spesimen .....	44

## NOMENKLATUR

<u>Lambang</u>	<u>Keterangan</u>	<u>Satuan</u>
$q$	Laju perpindahan kalor	Watt
$A$	<i>Area</i> / Luas bidang	$\text{mm}^2$
$\frac{\partial T}{\partial x}$	Temperatur <i>gradient</i> dalam arah perpindahan kalor	$^{\circ}\text{C}/\text{m}$
$k$	Konduktivitas termal	$\text{W}/\text{mK}$
$T$	Suhu temperatur	$^{\circ}\text{C}$
$t$	<i>Time</i> / Waktu	sec (detik)
	<i>Load</i> / Pembebanan	N (Newton)
$F_{\text{max}}$	<i>Maximum Force</i> / Gaya Maksimum	N (Newton)
	<i>Stress</i> / Tegangan	$\text{MPa}$ ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )
$\epsilon$	<i>Strain</i> / Regangan	%
$\sigma$	Kuat Tekan	$\text{N}/\text{mm}^2$

### Singkatan:

AV	= Abu Vulkanik
TL	= Tanah Liat
XRF	= <i>X-Ray Flourescence</i>
CCSCCTM	= <i>Computer Control Servohydraulic Concrete Compression Testing Machine</i>
SEM	= <i>Scanning Electron Microscope</i>
SK 34	= <i>Seger Kegel 34</i>